

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-87831

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月30日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 S 3/18

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数39 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平9-237089

(22) 出願日 平成9年(1997) 9月2日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 岩本 浩治

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 長崎 洋樹

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 松永 勝一郎

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 弁理士 杉浦 正知

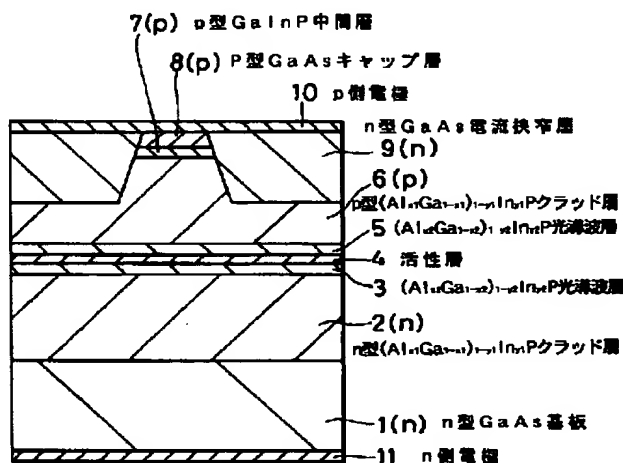
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子、光ピックアップ装置ならびに光記録および/または再生装置

(57) 【要約】

【課題】 発光効率の向上、動作電流の低減および素子の信頼性の向上を図ることができ、しかも、容易に製造することができる半導体発光素子、ならびに、そのような半導体発光素子を光源として用いた光ピックアップ装置ならびに光記録および/または再生装置を提供する。

【解決手段】  $\text{AlGaInP}$  系半導体レーザにおいて、 $n$  型  $\text{GaAs}$  基板 1 上に、 $n$  型  $\text{GaAs}$  基板 1 に対して  $2.0 \times 10^{-4}$  以上  $3.0 \times 10^{-3}$  以下の格子不整合を有する  $n$  型  $(\text{Al}_{x1}\text{Ga}_{1-x1})_{1-y1}\text{In}_{y1}\text{P}$  クラッド層 2、 $(\text{Al}_{x2}\text{Ga}_{1-x2})_{1-y2}\text{In}_{y2}\text{P}$  光導波層 3、 $\text{Ga}_{1-z}\text{In}_z\text{P}$  量子井戸層 4 a と  $(\text{Al}_{x2}\text{Ga}_{1-x2})_{1-y2}\text{In}_{y2}\text{P}$  障壁層 4 b とからなる MQW 構造の活性層 4、 $(\text{Al}_{x2}\text{Ga}_{1-x2})_{1-y2}\text{In}_{y2}\text{P}$  光導波層 5 および  $p$  型  $(\text{Al}_{x1}\text{Ga}_{1-x1})_{1-y1}\text{In}_{y1}\text{P}$  クラッド層 6 を順次積層して設ける。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基体上に活性層を p 型クラッド層と n 型クラッド層とにより挟んだ構造を有する半導体発

光素子において、  
上記 p 型クラッド層および上記 n 型クラッド層のうち少なくとも一方が、上記半導体基体に対して  $2.0 \times 10^{-4}$  以上  $3.0 \times 10^{-3}$  以下または  $-1.5 \times 10^{-3}$  以上  $-2.0 \times 10^{-4}$  以下の格子不整合を有することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 2】 上記 p 型クラッド層および上記 n 型クラッド層のうち少なくとも一方が、上記半導体基体に対して  $3.0 \times 10^{-4}$  以上  $3.0 \times 10^{-3}$  以下または  $-1.5 \times 10^{-3}$  以上  $-3.0 \times 10^{-4}$  以下の格子不整合を有することを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 3】 上記格子不整合が、上記 p 型クラッド層内または上記 n 型クラッド層内でほぼ一様であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 4】 上記格子不整合が、上記 p 型クラッド層内または上記 n 型クラッド層内で変化していることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 5】 上記 p 型クラッド層が、上記半導体基体に対して  $2.0 \times 10^{-4}$  以上  $3.0 \times 10^{-3}$  以下の格子不整合を有し、かつ、上記 n 型クラッド層が、上記半導体基体に対して  $-1.5 \times 10^{-3}$  以上  $-2.0 \times 10^{-4}$  以下の格子不整合を有することを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 6】 上記 p 型クラッド層と上記活性層との間に第 1 の光導波層を有し、かつ、上記 n 型クラッド層と上記活性層との間に第 2 の光導波層を有することを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 7】 上記第 1 の光導波層および上記第 2 の光導波層のうち少なくとも一方が、上記半導体基体に対して  $2.0 \times 10^{-4}$  以上  $3.0 \times 10^{-3}$  以下または  $-1.5 \times 10^{-3}$  以上  $-2.0 \times 10^{-4}$  以下の格子不整合を有することを特徴とする請求項 6 記載の半導体発光素子。

【請求項 8】 上記活性層は多重量子井戸構造を有することを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 9】 上記半導体発光素子は AlGaInP 系半導体発光素子であり、上記半導体基体は GaAs 基板であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 10】 上記格子不整合は、上記 p 型クラッド層および上記 n 型クラッド層を構成する AlGaInP の In の組成比を調節することにより与えられたものであることを特徴とする請求項 9 記載の半導体発光素子。

【請求項 11】 上記格子不整合は、上記 p 型クラッド層および上記 n 型クラッド層を構成する AlGaInP の Al および Ga の全体の組成比を調節することにより与えられたものであることを特徴とする請求項 9 記載の半導体発光素子。

【請求項 12】 上記半導体発光素子は屈折率導波型の半導体発光素子であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 13】 上記半導体発光素子は利得導波型の半導体発光素子であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 14】 上記半導体発光素子は自励発振型の半導体発光素子であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

10 【請求項 15】 半導体基体上に活性層を p 型クラッド層と n 型クラッド層とにより挟んだ構造を有する半導体発光素子において、

上記 p 型クラッド層および上記 n 型クラッド層のうち少なくとも一方と上記活性層とが、上記半導体基体に対して  $2.0 \times 10^{-4}$  以上  $3.0 \times 10^{-3}$  以下または  $-1.5 \times 10^{-3}$  以上  $-2.0 \times 10^{-4}$  以下の格子不整合を有することを特徴とする半導体発光素子。

20 【請求項 16】 上記 p 型クラッド層および上記 n 型クラッド層のうち少なくとも一方と上記活性層とが、上記半導体基体に対して  $3.0 \times 10^{-4}$  以上  $3.0 \times 10^{-3}$  以下または  $-1.5 \times 10^{-3}$  以上  $-3.0 \times 10^{-4}$  以下の格子不整合を有することを特徴とする請求項 15 記載の半導体発光素子。

【請求項 17】 上記格子不整合が、上記 p 型クラッド層、上記 n 型クラッド層および上記活性層間でほぼ一様であることを特徴とする請求項 15 記載の半導体発光素子。

30 【請求項 18】 上記格子不整合が、上記 p 型クラッド層内、上記 n 型クラッド層内または上記活性層内でほぼ一様であることを特徴とする請求項 15 記載の半導体発光素子。

【請求項 19】 上記格子不整合が、上記 p 型クラッド層内、上記 n 型クラッド層内または上記活性層内で変化していることを特徴とする請求項 15 記載の半導体発光素子。

40 【請求項 20】 上記 p 型クラッド層が、上記半導体基体に対して  $2.0 \times 10^{-4}$  以上  $3.0 \times 10^{-3}$  以下の格子不整合を有し、かつ、上記 n 型クラッド層が、上記半導体基体に対して  $-1.5 \times 10^{-3}$  以上  $-2.0 \times 10^{-4}$  以下の格子不整合を有することを特徴とする請求項 15 記載の半導体発光素子。

【請求項 21】 上記 p 型クラッド層と上記活性層との間に第 1 の光導波層を有し、かつ、上記 n 型クラッド層と上記活性層との間に第 2 の光導波層を有することを特徴とする請求項 15 記載の半導体発光素子。

50 【請求項 22】 上記第 1 の光導波層および上記第 2 の光導波層のうち少なくとも一方が、上記半導体基体に対して  $2.0 \times 10^{-4}$  以上  $3.0 \times 10^{-3}$  以下または  $-1.5 \times 10^{-3}$  以上  $-2.0 \times 10^{-4}$  以下の格子不整合を有することを特徴とする請求項 21 記載の半導体発光

素子。

【請求項23】 上記活性層は多重量子井戸構造を有することを特徴とする請求項15記載の半導体発光素子。

【請求項24】 上記半導体発光素子はAlGaInP系半導体発光素子であり、上記半導体基体はGaAs基板であることを特徴とする請求項15記載の半導体発光素子。

【請求項25】 上記p型クラッド層および上記n型クラッド層の上記格子不整合は、上記p型クラッド層および上記n型クラッド層を構成するAlGaInPのInの組成比を調節することにより与えられたものであることを特徴とする請求項24記載の半導体発光素子。

【請求項26】 上記p型クラッド層および上記n型クラッド層の上記格子不整合は、上記p型クラッド層および上記n型クラッド層を構成するAlGaInPのAlおよびGaの全体の組成比を調節することにより与えられたものであることを特徴とする請求項24記載の半導体発光素子。

【請求項27】 上記活性層の上記格子不整合は、上記活性層を構成するGaInPのInの組成比を調節することにより与えられたものであることを特徴とする請求項24記載の半導体発光素子。

【請求項28】 上記活性層の上記格子不整合は、上記活性層を構成するGaInPのGaの組成比を調節することにより与えられたものであることを特徴とする請求項24記載の半導体発光素子。

【請求項29】 上記半導体発光素子は屈折率導波型の半導体発光素子であることを特徴とする請求項15記載の半導体発光素子。

【請求項30】 上記半導体発光素子は利得導波型の半導体発光素子であることを特徴とする請求項15記載の半導体発光素子。

【請求項31】 上記半導体発光素子は自励発振型の半導体発光素子であることを特徴とする請求項15記載の半導体発光素子。

【請求項32】 半導体基体上に活性層をp型クラッド層とn型クラッド層とにより挟んだ構造を有する半導体発光素子を光源として用いた光ピックアップ装置において、

上記半導体発光素子は、

上記p型クラッド層および上記n型クラッド層のうち少なくとも一方が、上記半導体基体に対して $2.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下または $-1.5 \times 10^{-3}$ 以上 $-2.0 \times 10^{-4}$ 以下の格子不整合を有することを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項33】 上記半導体発光素子はAlGaInP系半導体発光素子であり、上記半導体基体はGaAs基板であることを特徴とする請求項32記載の光ピックアップ装置。

【請求項34】 半導体基体上に活性層をp型クラッド

層とn型クラッド層とにより挟んだ構造を有する半導体発光素子を光源として用いた光ピックアップ装置において、

上記半導体発光素子は、

上記p型クラッド層および上記n型クラッド層のうち少なくとも一方と上記活性層とが、上記半導体基体に対して $2.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下または $-1.5 \times 10^{-3}$ 以上 $-2.0 \times 10^{-4}$ 以下の格子不整合を有することを特徴とする光ピックアップ装置。

10 【請求項35】 上記半導体発光素子はAlGaInP系半導体発光素子であり、上記半導体基体はGaAs基板であることを特徴とする請求項34記載の光ピックアップ装置。

【請求項36】 半導体基体上に活性層をp型クラッド層とn型クラッド層とにより挟んだ構造を有する半導体発光素子を光源として用いた光記録および／または再生装置において、

上記半導体発光素子は、

20 上記p型クラッド層および上記n型クラッド層のうち少なくとも一方が、上記半導体基体に対して $2.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下または $-1.5 \times 10^{-3}$ 以上 $-2.0 \times 10^{-4}$ 以下の格子不整合を有することを特徴とする光記録および／または再生装置。

【請求項37】 上記半導体発光素子はAlGaInP系半導体発光素子であり、上記半導体基体はGaAs基板であることを特徴とする請求項36記載の光記録および／または再生装置。

30 【請求項38】 半導体基体上に活性層をp型クラッド層とn型クラッド層とにより挟んだ構造を有する半導体発光素子を光源として用いた光記録および／または再生装置において、

上記半導体発光素子は、

上記p型クラッド層および上記n型クラッド層のうち少なくとも一方と上記活性層とが、上記半導体基体に対して $2.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下または $-1.5 \times 10^{-3}$ 以上 $-2.0 \times 10^{-4}$ 以下の格子不整合を有することを特徴とする光記録および／または再生装置。

40 【請求項39】 上記半導体発光素子はAlGaInP系半導体発光素子であり、上記半導体基体はGaAs基板であることを特徴とする請求項38記載の光記録および／または再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、半導体発光素子、光ピックアップ装置ならびに光記録および／または再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体レーザ、特に、活性層とクラッド層との間でヘテロ接合の障壁の高さを十分に取ることができないAlGaInP系半導体レーザにおいては、不

純物ドーピングの制御技術が素子特性に重大な影響を与える。

【0003】具体的には、従来より、製造の際に不純物のドーピング位置を制御することにより、活性層近傍のクラッド層をノンドープとしたAlGaInP系半導体レーザが知られている。この従来のAlGaInP系半導体レーザによれば、活性層近傍のクラッド層をノンドープとしたことにより、クラッド層の不純物が活性層中に拡散することを防止することができるという利点を有する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の従来のAlGaInP系半導体レーザにおいては、不純物ドーピングの位置が活性層から遠いと、注入電流が光に変換される効率が低下し、動作電流が上昇するという問題が生じ、逆に、不純物ドーピングの位置が活性層に近いと、熱プロセスなどにより、不純物の拡散が活性層中にまで達し、素子の劣化が数時間程度の短時間で発生するために素子寿命が低下し、ひいては、素子の信頼性が低下するという問題が生じる。

【0005】このように、従来のAlGaInP系半導体レーザは、不純物ドーピングを高精度に制御する必要があり、製造にかなりの困難を伴っていた。

【0006】ここで、特許第2536713号においては、次のようなAlGaInP系半導体レーザの構造が提案されている。すなわち、この特許第2536713号によるAlGaInP系半導体レーザは、p型AlGaInPクラッド層中に、活性層と隣接して、厚さ10ÅのGa<sub>0.6</sub>In<sub>0.4</sub>P層と厚さ20Åの(Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P層とが交互に積層された多層薄膜構造を設けることにより、p型AlGaInPクラッド層中のp型キャリア濃度を高くするために、p型AlGaInPクラッド層中にZnを高濃度に導入した場合であっても、p型AlGaInPクラッド層中のZnが、活性層中に拡散することを防止するようにしたものである。このAlGaInP系半導体レーザの場合、p型AlGaInPクラッド層中に不純物を高濃度にドーピングしても、活性層中への不純物拡散を防止することができるため、製造時における不純物ドーピングの制御の困難性を緩和することには有効である。

【0007】しかしながら、この場合、Ga<sub>0.6</sub>In<sub>0.4</sub>P層と(Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P層とが交互に積層された多層薄膜構造を、均一に形成することは容易ではない上に、このような多層薄膜構造はキャリアの注入を妨げる働きを有するため、素子抵抗が上昇し、動作電圧が上昇するという問題が生じる。

【0008】したがって、この発明の目的は、発光効率の向上、動作電流の低減および素子の信頼性の向上を図ることができ、しかも、容易に製造することができる半導体発光素子、ならびに、そのような半導体発光素子を

光源として用いた光ピックアップ装置ならびに光記録および/または再生装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、この発明の第1の発明は、半導体基体上に活性層をp型クラッド層とn型クラッド層とにより挟んだ構造を有する半導体発光素子において、p型クラッド層およびn型クラッド層のうち少なくとも一方が、半導体基体に対して $2.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下または $-1.5 \times 10^{-3}$ 以上 $-2.0 \times 10^{-4}$ 以下の格子不整合を有することを特徴とするものである。

【0010】この発明の第2の発明は、半導体基体上に活性層をp型クラッド層とn型クラッド層とにより挟んだ構造を有する半導体発光素子において、p型クラッド層およびn型クラッド層のうち少なくとも一方と活性層とが、半導体基体に対して $2.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下または $-1.5 \times 10^{-3}$ 以上 $-2.0 \times 10^{-4}$ 以下の格子不整合を有することを特徴とするものである。

【0011】この発明の第3の発明は、半導体基体上に活性層をp型クラッド層とn型クラッド層とにより挟んだ構造を有する半導体発光素子を光源として用いた光ピックアップ装置において、半導体発光素子は、p型クラッド層およびn型クラッド層のうち少なくとも一方が、半導体基体に対して $2.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下または $-1.5 \times 10^{-3}$ 以上 $-2.0 \times 10^{-4}$ 以下の格子不整合を有することを特徴とするものである。

【0012】この発明の第4の発明は、半導体基体上に活性層をp型クラッド層とn型クラッド層とにより挟んだ構造を有する半導体発光素子を光源として用いた光ピックアップ装置において、半導体発光素子は、p型クラッド層およびn型クラッド層のうち少なくとも一方と活性層とが、半導体基体に対して $2.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下または $-1.5 \times 10^{-3}$ 以上 $-2.0 \times 10^{-4}$ 以下の格子不整合を有することを特徴とするものである。

【0013】この発明の第5の発明は、半導体基体上に活性層をp型クラッド層とn型クラッド層とにより挟んだ構造を有する半導体発光素子を光源として用いた光記録および/または再生装置において、半導体発光素子は、p型クラッド層およびn型クラッド層のうち少なくとも一方が、半導体基体に対して $2.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下または $-1.5 \times 10^{-3}$ 以上 $-2.0 \times 10^{-4}$ 以下の格子不整合を有することを特徴とするものである。

【0014】この発明の第6の発明は、半導体基体上に活性層をp型クラッド層とn型クラッド層とにより挟んだ構造を有する半導体発光素子を光源として用いた光記録および/または再生装置において、半導体発光素子は、p型クラッド層およびn型クラッド層のうち少なく

## 7

とも一方と活性層とが、半導体基体に対して $2.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下または $-1.5 \times 10^{-3}$ 以上 $-2.0 \times 10^{-4}$ 以下の格子不整合を有することを特徴とするものである。

【0015】ここで、半導体基体上に積層された半導体層が、半導体基体に対して格子不整合を有する場合、その格子不整合の大きさ $\Delta a/a$ は、半導体基体の格子定数を $a_1$ 、半導体層の格子定数を $a_2$ とすると、 $\Delta a/a \equiv (a_2 - a_1)/a_1$ と表される。なお、この発明において、格子不整合の大きさは、不純物の拡散を効果的に防止する観点と、結晶に転位を生じさせないようにする観点とから、例えば、 $2.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下または $-1.5 \times 10^{-3}$ 以上 $-2.0 \times 10^{-4}$ 以下に選ばれ、好適には、例えば、 $3.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下、または $-1.5 \times 10^{-3}$ 以上 $-3.0 \times 10^{-4}$ 以下に選ばれる。

【0016】この発明の第1の発明、第3の発明および第5の発明において、格子不整合は、p型クラッド層内またはn型クラッド層内でほぼ一様であってもよいし、変化していてもよい。この発明の第2の発明、第4の発明および第6の発明において、格子不整合は、p型クラッド層内、n型クラッド層内または活性層内でほぼ一様であってもよいし、変化していてもよく、あるいは、p型クラッド層、活性層およびn型クラッド層の間でほぼ一様であってもよい。

【0017】この発明においては、p型クラッド層およびn型クラッド層のうち、いずれか一方が格子不整合を有していてもよいし、双方が格子不整合を有していてもよい。p型クラッド層およびn型クラッド層の双方が格子不整合を有する場合、例えば、p型クラッド層が半導体基体に対して $2.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下の格子不整合を有し、かつ、n型クラッド層が半導体基体に対して $-1.5 \times 10^{-3}$ 以上 $-2.0 \times 10^{-4}$ 以下の格子不整合を有していてもよい。また、半導体発光素子は、p型クラッド層と活性層との間に第1の光導波層を有するとともに、n型クラッド層と活性層との間に第2の光導波層を有していてもよい。この場合、第1の光導波層および第2の光導波層のうち少なくとも一方が、半導体基体に対して $2.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下または $-1.5 \times 10^{-3}$ 以上 $-2.0 \times 10^{-4}$ 以下の格子不整合を有していてもよい。

【0018】この発明において、半導体発光素子は典型的にはAlGaInP系半導体発光素子であり、この場合、半導体基体としては例えばGaAs基板が用いられる。

【0019】上述のように構成されたこの発明によれば、p型クラッド層およびn型クラッド層のうち少なくとも一方が、半導体基体に対して $2.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下または $-1.5 \times 10^{-3}$ 以上 $-2.0 \times 10^{-4}$ 以下の格子不整合を有することにより、ある

## 8

いは、p型クラッド層およびn型クラッド層のうち少なくとも一方と活性層とが、半導体基体に対して $2.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下または $-1.5 \times 10^{-3}$ 以上 $-2.0 \times 10^{-4}$ 以下の格子不整合を有することにより、p型クラッド層中またはn型クラッド層中の不純物の拡散を抑制することができる。このため、p型クラッド層中またはn型クラッド層中の不純物が活性層にまで拡散することを防止することができる。

【0020】ここで、クラッド層中の不純物の拡散抑制のメカニズムの詳細については現時点では不明ではあるが、例えば、GaAs基板に対してプラスの格子不整合を有するクラッド層中のII族不純物は、GaAs基板と反対側に拡散する方が系のエネルギーが低下し、GaAs基板に対してマイナスの格子不整合を有するクラッド層中のV族不純物は、GaAs基板側に拡散する方が系のエネルギーが低下するため、クラッド層中の不純物の活性層中への拡散が防止されると考えられる。また、GaAs基板に対してプラスまたはマイナスの格子不整合を有するクラッド層中では、不純物のマイグレーションエネルギーが高くなることにより、不純物が拡散が抑制されるとも考えられ、さらには、GaAs基板に対してプラスの格子不整合を有するクラッド層中では、III族原子と置換してアクセプタ不純物となるII族不純物またはIII族原子と置換してドナー不純物となるIV族不純物の拡散に参与するIII族空孔の密度が低下し、一方、GaAs基板に対してマイナスの格子不整合を有するクラッド層中では、V族原子と置換してドナー不純物となるVI族不純物の拡散に参与するV族空孔の密度が低下することにより、不純物の拡散が抑制されるとも考えられる。

## 【0021】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、実施形態の全図において、同一または対応する部分には同一の符号を付す。

【0022】まず、この発明の第1の実施形態について説明する。図1は、この第1の実施形態による屈折率導波型のAlGaInP系半導体レーザの断面図である。このAlGaInP系半導体レーザは、SCH (Separate Confinement Heterostructure) 構造を有し、活性層は多重量子井戸 (MQW) 構造を有する。また、図2は、このAlGaInP系半導体レーザのエネルギーバンド図を示し、特に、その伝導帯を示す。なお、図2において、 $E_C$ は伝導帯下端のエネルギーを示す。

【0023】図1および図2に示すように、この第1の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザにおいては、n型GaAs基板1上に、n型 ( $Al_{x1}Ga_{1-x1}$ )<sub>1-y1</sub>In<sub>y1</sub>Pクラッド層2、( $Al_{x2}Ga_{1-x2}$ )<sub>1-y2</sub>In<sub>y2</sub>P光導波層3、Ga<sub>1-z</sub>In<sub>z</sub>P量子井戸層4aと ( $Al_{x2}Ga_{1-x2}$ )<sub>1-y2</sub>In<sub>y2</sub>P障壁層4bとからなる

MQW構造の活性層4、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}$  P光導波層5、p型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}$  Pクラッド層6、p型GaInP中間層7およびp型GaAsキャップ層8が順次積層されている。p型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}$  Pクラッド層6の上層部、p型GaInP中間層7およびp型GaAsキャップ層8は、一方向に延びるストライプ形状を有している。このストライプ部の両側の部分には、n型GaAs電流狭窄層9が埋め込まれ、これにより電流狭窄構造が形成されている。

【0024】p型GaAsキャップ層8およびn型GaAs電流狭窄層9の上には、例えばTi/Pt/Au電極のようなp側電極10が設けられている。一方、n型GaAs基板1の裏面には、例えばAuGe/Ni/Au電極のようなn側電極11が設けられている。

【0025】ここで、n型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}$  Pクラッド層2およびp型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}$  Pクラッド層6のAl組成比 $x_1$ は、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}$  P光導波層3、5および活性層4の $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}$  P障壁層4bのAl組成比 $x_2$ よりも大きく、具体的には、例えば、 $x_1=0.7$ であり、 $x_2=0.5$ である。

【0026】また、n型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}$  Pクラッド層2およびn型GaAs電流狭窄層9のドナー不純物としては例えばSe、Siなどを用いることが可能であり、この場合、ドナー不純物として例えばSeが用いられている。p型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}$  Pクラッド層6、p型GaInP中間層7およびp型GaAsキャップ層7のアクセプタ不純物としては例えばZn、Mgなどを用いることが可能であり、この場合、アクセプタ不純物として例えばZnが用いられている。また、n型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}$  Pクラッド層2の不純物濃度は、例えば $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 程度、p型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}$  Pクラッド層6の不純物濃度は、例えば $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 程度、n型GaAs電流狭窄層9の不純物濃度は、例えば $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 程度である。

【0027】このAlGaInP系半導体レーザを構成する各半導体層の厚さの一例を挙げると、n型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}$  Pクラッド層2の厚さは $1 \mu\text{m}$ 、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}$  P光導波層3、5の厚さは、それぞれ $10 \sim 50 \text{ nm}$ 、活性層4の $Ga_{1-z}In_z$  P量子井戸層4aおよび $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}$  P障壁層4bの厚さは、それぞれ $5 \text{ nm}$ 、p型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}$  Pクラッド層6の全体の厚さは $1 \mu\text{m}$ 、p型GaInP中間層7の厚さは $30 \text{ nm}$ 、p型GaAsキャップ層8の厚さは $0.3 \mu\text{m}$ である。また、ストライプ幅は例えば $5 \mu\text{m}$ であり、ストライプ部の両側の部分におけるp型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}$  Pクラッド層6の厚さは $0.3 \mu\text{m}$ である。活性層4

は、 $Ga_{1-z}In_z$  P量子井戸層4aを、例えば $3 \sim 7$ 層程度有している。

【0028】このAlGaInP系半導体レーザにおいては、n型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}$  Pクラッド層2、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}$  P光導波層3、活性層4の $Ga_{1-z}In_z$  P量子井戸層4aおよび $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}$  P障壁層4b、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}$  P光導波層5ならびにp型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}$  Pクラッド層6が、n型GaAs基板1に対して一様に、例えば、 $2.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下、好適には、例えば、 $3.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下、具体的には、例えば、 $1.0 \times 10^{-3}$ の格子不整合を有している。したがって、この場合、n型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}$  Pクラッド層2、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}$  P光導波層3、活性層4の $Ga_{1-z}In_z$  P量子井戸層4aおよび $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}$  P障壁層4b、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}$  P光導波層5ならびにp型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}$  Pクラッド層6の格子定数 $a_2$ は、n型GaAs基板1の格子定数 $a_1$ よりも大きくなっている。なお、p型GaInP中間層7、p型GaAsキャップ層8は、n型GaAs基板1と等しい格子定数 $a_1$ を有している。

【0029】この場合、n型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}$  Pクラッド層2およびp型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}$  Pクラッド層6には、これらを構成する $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}$  PのIn組成比 $y_1$ を調節することにより格子不整合が与えられ、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}$  P光導波層3、5および $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}$  P障壁層4bには、これらを構成する $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}$  PのIn組成比 $y_2$ を調整することにより格子不整合が与えられ、 $Ga_{1-z}In_z$  P量子井戸層4aには、これを構成する $Ga_{1-z}In_z$  PのIn組成比 $z$ を調整することにより格子不整合が与えられている。

【0030】ここで、n型GaAs基板1に対する格子不整合の大きさ $\Delta a/a$ とIn組成比との関係について、まず、 $Ga_{1-z}In_z$  P量子井戸層4aの場合を例にとって説明する。すなわち、GaPの格子間隔は $5.4512 \text{ \AA}$ 、InPの格子間隔は $5.8688 \text{ \AA}$ であるから、GaAs（格子定数 $5.6533 \text{ \AA}$ ）と格子整合する $Ga_{1-z}In_z$  P量子井戸層4aの組成は、 $5.4512 + 0.4176 \times z = 5.6533$ より、 $z = 0.484$ であるから、 $Ga_{0.516}In_{0.484}$  Pとなる。

【0031】これに対して、この $Ga_{1-z}In_z$  P量子井戸層4aが、n型GaAs基板1に対してプラスの格子不整合、具体的には、例えば $\Delta a/a = 1.0 \times 10^{-3}$ の格子不整合を有する場合の組成は、 $5.4512 + 0.4176 \times z = 5.6533 \times 1.001$

001

より、 $z = 0.497$ であるから、 $Ga_{0.503}In_{0.497}P$ となる。したがって、 $Ga_{1-z}In_zP$ 量子井戸層4aが、n型GaAs基板1に対してプラスの格子不整合を有する場合のIn組成比 $z$ は、 $Ga_{1-z}In_zP$ 量子井戸層4aがn型GaAs基板1と格子整合する場合のIn組成比 $z$ よりも大きくなる。

【0032】一方、例えば、この $Ga_{1-z}In_zP$ 量子井戸層4aが、n型GaAs基板1に対してマイナスの格子不整合、具体的には、例えば $\Delta a/a = -1.0 \times 10^{-3}$ の格子不整合を有する場合の組成は、

$5.4512 + 0.4176 \times z = 5.6533 \times 0.999$

より、 $z = 0.470$ であるから、 $Ga_{0.503}In_{0.470}P$ となる。したがって、 $Ga_{1-z}In_zP$ 量子井戸層4aが、n型GaAs基板1に対してマイナスの格子不整合を有する場合のIn組成比 $z$ は、 $Ga_{1-z}In_zP$ 量子井戸層4aがn型GaAs基板1と格子整合する場合のIn組成比 $z$ よりも小さくなる。

【0033】n型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層2およびp型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層6の場合、ならびに、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}P$ 光導波層3、5および $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}P$ 障壁層4bの場合についても、 $GaInP$ のGaを $(AlGa)$ と置き換えれば、上述の $Ga_{1-z}In_zP$ 量子井戸層4aの場合と同様なことが言える。

【0034】ここで、n型GaAs基板1に対して $+1.0 \times 10^{-3}$ の格子不整合を有するn型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層2およびp型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層6のIn組成比 $y1$ 、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}P$ 光導波層3、5および $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}P$ 障壁層4bのIn組成比 $y2$ 、ならびに、 $Ga_{1-z}In_zP$ 量子井戸層4aのIn組成比 $z$ の具体的な数値を挙げると、 $y1 = y2 = z = 0.497$ である。

【0035】次に、上述のように構成されたこの第1の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザの製造方法について説明する。

【0036】このAlGaInP系半導体レーザを製造するためには、このAlGaInP系半導体レーザを構成する半導体層を、例えばMOCVD法により形成する。この際、III-V族化合物半導体の原料としては、トリメチルアルミニウム(TMA)、トリメチルガリウム(TMg)、トリメチルインジウム(TMI)、アルシン( $AsH_3$ )、フォスフィン( $PH_3$ )を用い、ドナー不純物の原料としては、例えばHSe、アクセプタ不純物の原料としては例えばジメチルズインク(DMZ)を用いる。

【0037】具体的には、まず、図3に示すように、n型GaAs基板1上に、n型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$

$n_{y1}P$ クラッド層2、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}P$ 光導波層3、 $Ga_{1-z}In_zP$ 量子井戸層4aと $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}P$ 障壁層4bとからなるMQW構造の活性層4、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}P$ 光導波層5、p型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層6、p型GaInP中間層7およびp型GaAsキャップ層8を、MOCVD法により順次成長させる。このとき、n型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層2、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}P$ 光導波層3、活性層4の $Ga_{1-z}In_zP$ 量子井戸層4aおよび $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}P$ 障壁層4b、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}P$ 光導波層5ならびにp型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層6に所定の格子不整合が与えられるように、TMInの流量を調節する。なお、このときのTMInの流量の制御は、組成を厳密に決定する必要がある活性層を形成するときの制御よりは緩やかである。

【0038】次に、図4に示すように、p型GaAsキャップ層8の全面に例えばCVD法により $SiO_2$ 膜や $SiN$ 膜を形成した後、これをエッチングによりパターニングして所定幅のストライプ形状のマスク12を形成する。次に、このマスク12をエッチングマスクとして用いて、ウェットエッチング法によりp型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層6の厚さ方向の途中の深さまでエッチングする。これによって、p型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層6の上層部、p型GaInP中間層7およびp型GaAsキャップ層8が、一方向に延びる所定幅のストライプ形状にパターニングされる。

【0039】次に、図5に示すように、エッチングマスクとして用いたマスク12を成長マスクとして用いて、ストライプ部の両側の部分にn型GaAs電流狭窄層9を例えばMOCVD法により成長させる。

【0040】次に、マスク12をエッチング除去した後、図1に示すように、p型GaAsキャップ層8およびn型電流狭窄層9の全面にp側電極10を形成するとともに、n型GaAs基板1の裏面にn側電極11を形成する。以上により、目的とする屈折率導波型のAlGaInP系半導体レーザが製造される。

【0041】上述のように構成されたこの第1の実施形態によれば、n型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層2、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}P$ 光導波層3、活性層4の $Ga_{1-z}In_zP$ 量子井戸層4aおよび $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}P$ 障壁層4b、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}P$ 光導波層5ならびにp型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層6が、n型GaAs基板1に対して一様に、例えば、 $2.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下、好適には、例えば、 $3.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下、具体的には、例えば、 $1.0 \times 10^{-3}$ の格子不整合を有することにより、n型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$

$1-x_1 \text{Ga} 1-x_1)_{1-y_1} \text{In} y_1 \text{P}$  クラッド層 2 中および p 型 ( $\text{Al} x_1 \text{Ga} 1-x_1)_{1-y_1} \text{In} y_1 \text{P}$  クラッド層 6 中の不純物の拡散を抑制することができる。

【0042】ここで、効果を明らかにするために、n 型 ( $\text{Al} x_1 \text{Ga} 1-x_1)_{1-y_1} \text{In} y_1 \text{P}$  クラッド層 2、( $\text{Al} x_2 \text{Ga} 1-x_2)_{1-y_2} \text{In} y_2 \text{P}$  光導波層 3、活性層 4 の  $\text{Ga} 1-z \text{In} z \text{P}$  量子井戸層 4 a および ( $\text{Al} x_2 \text{Ga} 1-x_2)_{1-y_2} \text{In} y_2 \text{P}$  障壁層 4 b、( $\text{Al} x_2 \text{Ga} 1-x_2)_{1-y_2} \text{In} y_2 \text{P}$  光導波層 5 ならびに p 型 ( $\text{Al} x_1 \text{Ga} 1-x_1)_{1-y_1} \text{In} y_1 \text{P}$  クラッド層 6 が、n 型  $\text{GaAs}$  基板 1 に対して一様に、 $\Delta a/a = +1 \times 10^{-3}$  の格子不整合を有する素子と、 $\Delta a/a = +3 \times 10^{-4}$  の格子不整合を有する素子と、 $\Delta a/a = 0$  (格子整合した場合) の素子とを作製し、ロット毎にエージング歩留まりを調べた。具体的には、1 ロット当たり 30 素子を投入し、素子を一定時間、定格出力で動作させた場合に、素子の動作電流の上昇が少ない場合を合格とし、ロット毎の合格率を調べた。この場合、 $\Delta a/a = 0$  の素子では合格率がほぼ 0 % であったのに対して、 $\Delta a/a = +3 \times 10^{-4}$  の素子では合格率が向上し、 $\Delta a/a = +1 \times 10^{-3}$  の素子ではほぼ 100 % に近い合格率となった。これは、特に、p 型 ( $\text{Al} x_1 \text{Ga} 1-x_1)_{1-y_1} \text{In} y_1 \text{P}$  クラッド層 6 が、n 型  $\text{GaAs}$  基板 1 に対して格子不整合を有していることにより、数時間単位での急速な素子の劣化に関与する活性層 4 中への  $\text{Zn}$  の拡散が防止された結果得られた効果である。

【0043】したがって、この第 1 の実施形態によれば、製造時における不純物ドーピングの制御が容易となり、活性層 4 に対して極めて近い位置に不純物をドーピングした場合であっても、注入された不純物が活性層 4 中に拡散することを効果的に防止することができるので、 $\text{AlGaInP}$  系半導体レーザの発光効率を向上させ、動作電流の低減を図ることができるとともに、素子の信頼性の向上を図ることができ、さらに、素子の高温動作特性を改善することができる。また、このような  $\text{AlGaInP}$  系半導体レーザを、n 型 ( $\text{Al} x_1 \text{Ga} 1-x_1)_{1-y_1} \text{In} y_1 \text{P}$  クラッド層 2、( $\text{Al} x_2 \text{Ga} 1-x_2)_{1-y_2} \text{In} y_2 \text{P}$  光導波層 3、活性層 4 の  $\text{Ga} 1-z \text{In} z \text{P}$  量子井戸層 4 a および ( $\text{Al} x_2 \text{Ga} 1-x_2)_{1-y_2} \text{In} y_2 \text{P}$  障壁層 4 b、( $\text{Al} x_2 \text{Ga} 1-x_2)_{1-y_2} \text{In} y_2 \text{P}$  光導波層 5 ならびに p 型 ( $\text{Al} x_1 \text{Ga} 1-x_1)_{1-y_1} \text{In} y_1 \text{P}$  クラッド層 6 に一様な格子不整合を与えるという制御の容易な手法で実現することができる。

【0044】次に、この発明の第 2 の実施形態について説明する。すなわち、この第 2 の実施形態による  $\text{AlGaInP}$  系半導体発光素子においては、n 型 ( $\text{Al} x_1 \text{Ga} 1-x_1)_{1-y_1} \text{In} y_1 \text{P}$  クラッド層 2 および p 型 ( $\text{Al} x_1 \text{Ga} 1-x_1)_{1-y_1} \text{In} y_1 \text{P}$  クラッド層 6 が、n 型  $\text{GaAs}$  基板 1 に対して、一様に、例えば、 $2.0 \times 10^{-4}$  以上  $3.0 \times 10^{-3}$  以下、好適には、例えば、 $3.0 \times 10$

$^{-4}$  以上  $3.0 \times 10^{-3}$  以下、具体的には、例えば、 $1.0 \times 10^{-3}$  の格子不整合を有している。この場合、( $\text{Al} x_2 \text{Ga} 1-x_2)_{1-y_2} \text{In} y_2 \text{P}$  光導波層 3、5 および活性層 4 は、例えば n 型  $\text{GaAs}$  基板 1 と格子整合している。その他のことは、上述の第 1 の実施形態と同様であるので、説明を省略する。

【0045】この第 2 の実施形態によっても、第 1 の実施形態と同様な効果を得ることができる。

【0046】次に、この発明の第 3 の実施形態について説明する。すなわち、この第 3 の実施形態による  $\text{AlGaInP}$  系半導体発光素子においては、p 型 ( $\text{Al} x_1 \text{Ga} 1-x_1)_{1-y_1} \text{In} y_1 \text{P}$  クラッド層 6 が、n 型  $\text{GaAs}$  基板 1 に対して、例えば、 $2.0 \times 10^{-4}$  以上  $3.0 \times 10^{-3}$  以下、好適には、例えば、 $3.0 \times 10^{-4}$  以上  $3.0 \times 10^{-3}$  以下、具体的には、例えば、 $1.0 \times 10^{-3}$  の格子不整合を有し、n 型 ( $\text{Al} x_1 \text{Ga} 1-x_1)_{1-y_1} \text{In} y_1 \text{P}$  クラッド層 2 が、n 型  $\text{GaAs}$  基板 1 に対して、例えば、 $-1.5 \times 10^{-3}$  以上  $-2.0 \times 10^{-4}$  以下、好適には、例えば、 $-1.5 \times 10^{-3}$  以上  $-3.0 \times 10^{-4}$  以下、具体的には、例えば、 $-1.0 \times 10^{-3}$  の格子不整合を有している。この場合、( $\text{Al} x_2 \text{Ga} 1-x_2)_{1-y_2} \text{In} y_2 \text{P}$  光導波層 3、5 および活性層 4 は、例えば n 型  $\text{GaAs}$  基板 1 と格子整合している。

【0047】ここで、n 型  $\text{GaAs}$  基板 1 に対して  $-1.0 \times 10^{-3}$  の格子不整合を有する n 型 ( $\text{Al} x_1 \text{Ga} 1-x_1)_{1-y_1} \text{In} y_1 \text{P}$  クラッド層 2 の  $\text{In}$  組成  $y_1$  は、この n 型 ( $\text{Al} x_1 \text{Ga} 1-x_1)_{1-y_1} \text{In} y_1 \text{P}$  クラッド層 2 が n 型  $\text{GaAs}$  基板 1 と格子整合するときの  $\text{In}$  組成  $y_1$  より小さい。この場合、具体的には、n 型 ( $\text{Al} x_1 \text{Ga} 1-x_1)_{1-y_1} \text{In} y_1 \text{P}$  クラッド層 2 の  $\text{In}$  組成比  $y_1$  は  $0.470$  である。一方、p 型 ( $\text{Al} x_1 \text{Ga} 1-x_1)_{1-y_1} \text{In} y_1 \text{P}$  クラッド層 6 の  $\text{In}$  組成比  $y_1$  は  $0.497$  である。その他のことは、上述の第 1 の実施形態と同様であるので、説明を省略する。

【0048】この第 3 の実施形態によれば、第 1 の実施形態と同様な効果を得ることができる。なお、この場合、n 型 ( $\text{Al} x_1 \text{Ga} 1-x_1)_{1-y_1} \text{In} y_1 \text{P}$  クラッド層 2 が、n 型  $\text{GaAs}$  基板 1 に対してマイナスの格子不整合を有し、かつ、p 型 ( $\text{Al} x_1 \text{Ga} 1-x_1)_{1-y_1} \text{In} y_1 \text{P}$  クラッド層 2 が、n 型  $\text{GaAs}$  基板 1 に対してプラスの格子不整合を有しているので、n 型 ( $\text{Al} x_1 \text{Ga} 1-x_1)_{1-y_1} \text{In} y_1 \text{P}$  クラッド層 2 中では、 $\text{Se}$  の拡散に関与する V 族空孔の密度が低く、p 型 ( $\text{Al} x_1 \text{Ga} 1-x_1)_{1-y_1} \text{In} y_1 \text{P}$  クラッド層 6 中では、 $\text{Zn}$  の拡散に関与する I II 族空孔の密度が低くなっていると考えられる。このため、第 3 の実施形態によれば、n 型 ( $\text{Al} x_1 \text{Ga} 1-x_1)_{1-y_1} \text{In} y_1 \text{P}$  クラッド層 2 中および p 型 ( $\text{Al} x_1 \text{Ga} 1-x_1)_{1-y_1} \text{In} y_1 \text{P}$  クラッド層 6 中のそれぞれにおいて、極めて有効に不純物の拡散を抑制することができ



【0049】次に、この発明の第4の実施形態について説明する。すなわち、この第4の実施形態によるAlGaInP系半導体発光素子においては、p型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層6が、n型GaAs基板1に対して一様に、例えば、 $2.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下、好適には、例えば、 $3.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下、具体的には、例えば、 $1.0 \times 10^{-3}$ の格子不整合を有している。この場合、p型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層6のIn組成比y1は0.497である。また、この場合、n型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層2、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}P$ 光導波層3、5および活性層4は、例えばn型GaAs基板1と格子整合している。その他のことは、上述の第1の実施形態と同様であるので、説明を省略する。

【0050】この第4の実施形態によれば、p型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層6中の不純物の拡散を抑制することにより、第1の実施形態と同様な効果を得ることができる。

【0051】次に、この発明の第5の実施形態について説明する。すなわち、この第5の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザにおいては、n型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層2が、n型GaAs基板1に対して一様に、例えば、 $-1.5 \times 10^{-3}$ 以上 $-2.0 \times 10^{-4}$ 以下、好適には、例えば、 $-1.5 \times 10^{-3}$ 以上 $-3.0 \times 10^{-4}$ 以下、具体的には、例えば、 $-1.0 \times 10^{-3}$ の格子不整合を有している。この場合、n型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層2のIn組成比y1は0.470である。また、この場合、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}P$ 光導波層3、5、活性層4およびp型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層6は、例えばn型GaAs基板1と格子整合している。その他のことは、上述の第1の実施形態と同様であるので、説明を省略する。

【0052】この第5の実施形態によれば、n型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層2中の不純物の拡散を抑制することにより、第1の実施形態と同様な効果を得ることができる。

【0053】次に、この発明の第6の実施形態について説明する。図6は、この第6の実施形態による利得導波型のAlGaInP系半導体レーザを示す断面図である。このAlGaInP系半導体レーザはSCH構造を有し、活性層はMQW構造を有する。

【0054】図6に示すように、この第6の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザにおいては、p型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層6の上層部、p型GaInP中間層7およびp型GaAsキャップ層8が一方方向に延びるストライプ形状を有し、このストライプ部の両側の部分におけるp型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層6の上層部、p型Ga

InP中間層7およびp型GaAsキャップ層8に、Bなどがイオン注入されることにより形成された高抵抗領域13が設けられ、これによって、電流狭窄構造が形成されている。p側電極10は、p型GaAsキャップ層8および高抵抗領域13上に設けられている。

【0055】このAlGaInP系半導体レーザにおいては、例えば、第1の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザと同様に、n型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層2、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}P$ 光導波層3、活性層4、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}P$ 光導波層5およびp型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層6が、n型GaAs基板1に対して一様に、例えば、 $2.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下、好適には、例えば、 $3.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下、具体的には、例えば、 $1.0 \times 10^{-3}$ の格子不整合を有する。その他の構成は、第1の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザと同様であるので、説明を省略する。

【0056】この第6の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザの製造方法は、第1の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザの製造方法と同様な工程により、n型GaAs基板1上に、n型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層2、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}P$ 光導波層3、Ga<sub>1-z</sub>In<sub>z</sub>P量子井戸層と $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}P$ 障壁層とからなるMQW構造の活性層4、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}P$ 光導波層5、p型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層6、p型GaInP中間層7およびp型GaAsキャップ層8を、MOCVD法により順次成長させる。

【0057】次に、p型GaAsキャップ層8上に所定形状のマスク（図示せず）を形成し、このマスクを注入マスクとして、イオン注入法により、p型GaAsキャップ層8、p型GaInP中間層7およびp型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層6の上層部に、選択的にBをドーピングすることにより、高抵抗領域13を形成する。次に、注入マスクとして用いたマスクをエッチング除去した後、図6に示すように、p型GaAsキャップ層8および高抵抗領域13の全面にp側電極10を形成するとともに、n型GaAs基板1の裏面にn側電極11を形成する。以上により、目的とする利得導波型のAlGaInP系半導体レーザが製造される。

【0058】この第6の実施形態によれば、利得導波型のAlGaInP系半導体レーザにおいて、第1の実施形態と同様な効果を得ることができる。

【0059】次に、上述の第1、第2、第3、第4、第5または第6の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザを光源として用いた光ディスク再生装置について説明する。図7にこの光ディスク再生装置の構成を示す。

【0060】図7に示すように、この光ディスク再生装置は、光源として半導体レーザ101を備えている。この半導体レーザ101としては、上述の第1、第2、第3、第4、第5または第6の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザが用いられる。この光ディスク装置はまた、半導体レーザ101の出射光を光ディスクDに導くとともに、この光ディスクDによる反射光（信号光）を再生するための公知の光学系、すなわち、コリメートレンズ102、ビームスプリッタ103、1/4波長板104、対物レンズ105、検出レンズ106、信号光検出用受光素子107および信号光再生回路108を備えている。

【0061】この光ディスク再生装置においては、半導体レーザ101の出射光Lはコリメートレンズ102のよって平行光にされ、さらにビームスプリッタ103を経て1/4波長板104により偏光の具合が調整された後、対物レンズ105により集光されて光ディスクDに入射される。そして、この光ディスクDで反射された信号光L'が対物レンズ105および1/4波長板104を経てビームスプリッタ103で反射された後、検出レンズ106を経て信号光検出用受光素子107に入射し、ここで電気信号に変換された後、信号光再生回路108において、光ディスクDに書き込まれた情報が再生される。

【0062】この光ディスク再生装置によれば、光源の半導体レーザ101として、上述の第1、第2、第3、第4、第5または第6の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザが用いられていることにより、信頼性の向上を図ることができるとともに、高温動作特性の改善を図ることができる。

【0063】なお、ここでは、第1、第2、第3、第4、第5または第6の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザを光ディスク再生装置の光源に適用した場合について説明したが、光ディスク記録再生装置や光ディスク記録装置の光源に適用することも可能であることは勿論、光ピックアップ装置の光源などに適用することも可能である。

【0064】以上この発明の実施形態について具体的に説明したが、この発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。例えば、実施形態において挙げた材料、数値および構造などはあくまで例にすぎず、必要に応じて、これと異なる材料、数値および構造などを用いてもよい。

【0065】また、上述の第1～第6の実施形態においては、各半導体層の格子不整合が、その層内で一様となっているが、各半導体層の格子不整合は、その層内で変化していてもよい。また、第1～第3または第6の実施形態のように、n型GaAs基板1に対して格子不整合を有する半導体層を複数設ける場合は、各層間で格子不

整合の大きさが異なってもよい。具体的には、例えば、第1の実施形態においては、例えば、活性層4の格子不整合を、他の半導体層の格子不整合に比べて小さくすることも可能である。

【0066】また、上述の第1～第6の実施形態においては、n型( $Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層2およびp型( $Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層6などのようなAlGaInPからなる半導体層の格子不整合は、AlGaInPのInの組成を調節することにより与えられたものであり、 $Ga_{1-z}In_zP$ 量子井戸層4aのようなGaInPからなる半導体層の格子不整合は、GaInPのInの組成を調節することにより与えられたものであるが、AlGaInPからなる半導体層の格子不整合は、AlGaInPのAlおよびGaの全体の組成を調節することにより与えられてもよいし、GaInPからなる半導体層の格子不整合は、GaInPのGaの組成を調節することにより与えられてもよい。

【0067】また、上述の第1～第6の実施形態において、基板や各半導体層の導電型を逆にしてもよい。また、各半導体層の成長には、分子線エピタキシー(MBE)法などのMOCVD法以外の方法を用いてもよい。

【0068】さらに、上述の第1～第6の実施形態においては、この発明をSCH構造のAlGaInP系半導体レーザに適用した場合について説明したが、この発明は、DH(Double Heterostructure)構造のAlGaInP系半導体レーザに適用してよいことは勿論、AlGaInP系発光ダイオードあるいは自励発振型のAlGaInP系半導体レーザに適用してもよい。また、この発明は、上述のAlGaInP系半導体発光素子以外に、AlGaAs系半導体発光素子、II-VI族化合物半導体を用いた半導体発光素子、窒化物系III-V族化合物半導体を用いた半導体発光素子またはGaInAsP系半導体発光素子などに適用することも可能であり、これらの半導体発光素子を光源として用いた光ピックアップ装置ならびに光記録および/または再生装置に適用することも可能である。

【0069】

【発明の効果】以上説明したように、この発明による半導体発光素子によれば、p型クラッド層およびn型クラッド層のうち少なくとも一方が、半導体基体に対して $2.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下または $-1.5 \times 10^{-3}$ 以上 $-2.0 \times 10^{-4}$ 以下の格子不整合を有することにより、あるいは、p型クラッド層およびn型クラッド層のうち少なくとも一方と活性層とが、半導体基体に対して $2.0 \times 10^{-4}$ 以上 $3.0 \times 10^{-3}$ 以下または $-1.5 \times 10^{-3}$ 以上 $-2.0 \times 10^{-4}$ 以下の格子不整合を有することにより、p型クラッド層中またはn型クラッド層中の不純物の拡散を抑制することができ、活性層中への不純物の拡散を効果的に防止することができ

る。これにより、製造時における不純物ドーピングの制御が容易となり、活性層に対して極めて近い位置に不純物をドーピングした場合であっても、この不純物が活性層にまで拡散することによる素子の劣化を防止することができるので、半導体発光素子の発光効率の向上、動作電流の低減および信頼性の向上を図ることができ、しかも、このような半導体発光素子を容易に製造することができる。また、半導体発光素子の高温動作特性の改善を図ることもできる。

【0070】また、この発明による光ピックアップ装置ならびに光記録および／または再生装置によれば、この発明による半導体発光素子を光源として用いていることにより、信頼性の向上および高温動作特性の改善を図ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の第1の実施形態による屈折率導波型のAlGaInP系半導体レーザを示す断面図である。

【図2】 この発明の第1の実施形態による屈折率導波型のAlGaInP系半導体レーザのエネルギーバンド図である。

【図3】 この発明の第1の実施形態による屈折率導波

型のAlGaInP系半導体レーザの製造方法を説明するための断面図である。

【図4】 この発明の第1の実施形態による屈折率導波型のAlGaInP系半導体レーザの製造方法を説明するための断面図である。

【図5】 この発明の第1の実施形態による屈折率導波型のAlGaInP系半導体レーザの製造方法を説明するための断面図である。

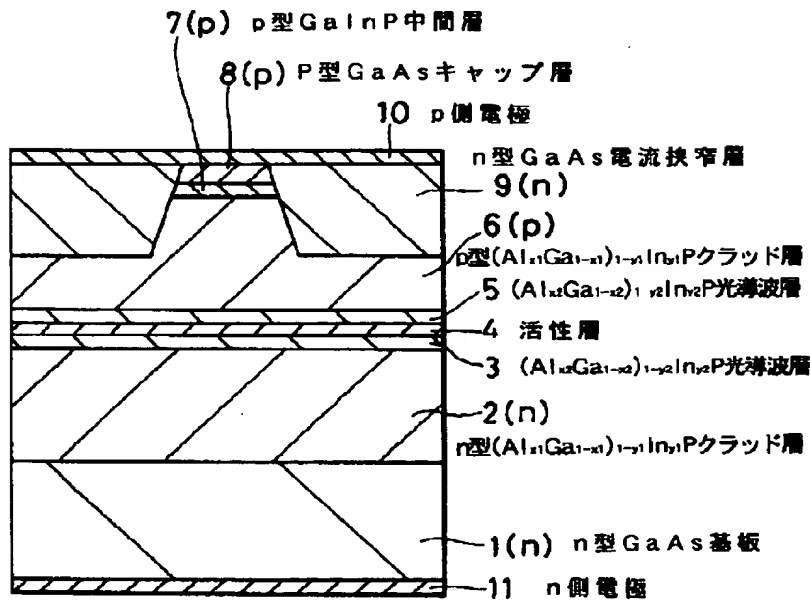
【図6】 この発明の第6の実施形態による利得導波型のAlGaInP系半導体レーザを示す断面図である。

【図7】 この発明の第1、第2、第3、第4、第5または第6の実施形態によるAlGaInP系半導体レーザを光源として用いた光ディスク再生装置を示す略線図である。

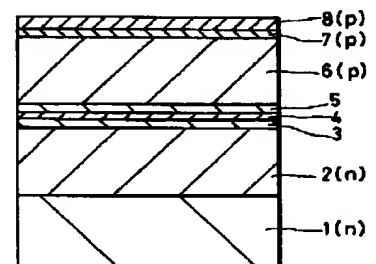
#### 【符号の説明】

1・・・n型GaAs基板、2・・・n型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層、3、5・・・ $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}P$ 光導波層、4・・・活性層、4a・・・ $Ga_{1-z}In_zP$ 量子井戸層、4b・・・ $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{1-y2}In_{y2}P$ 障壁層、6・・・p型 $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{1-y1}In_{y1}P$ クラッド層

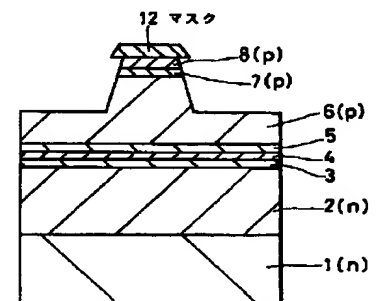
【図1】



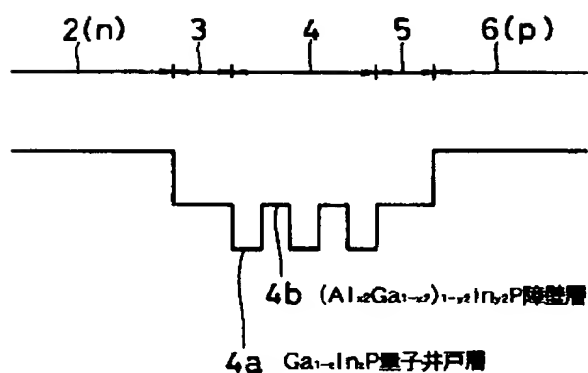
【図3】



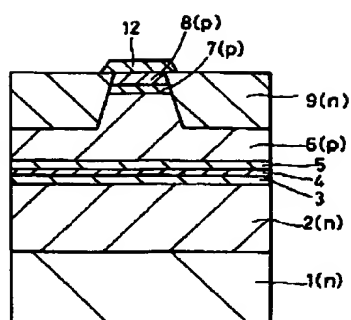
【図4】



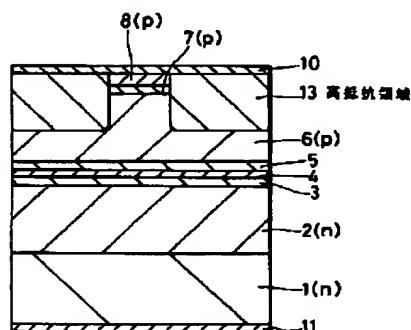
【図2】



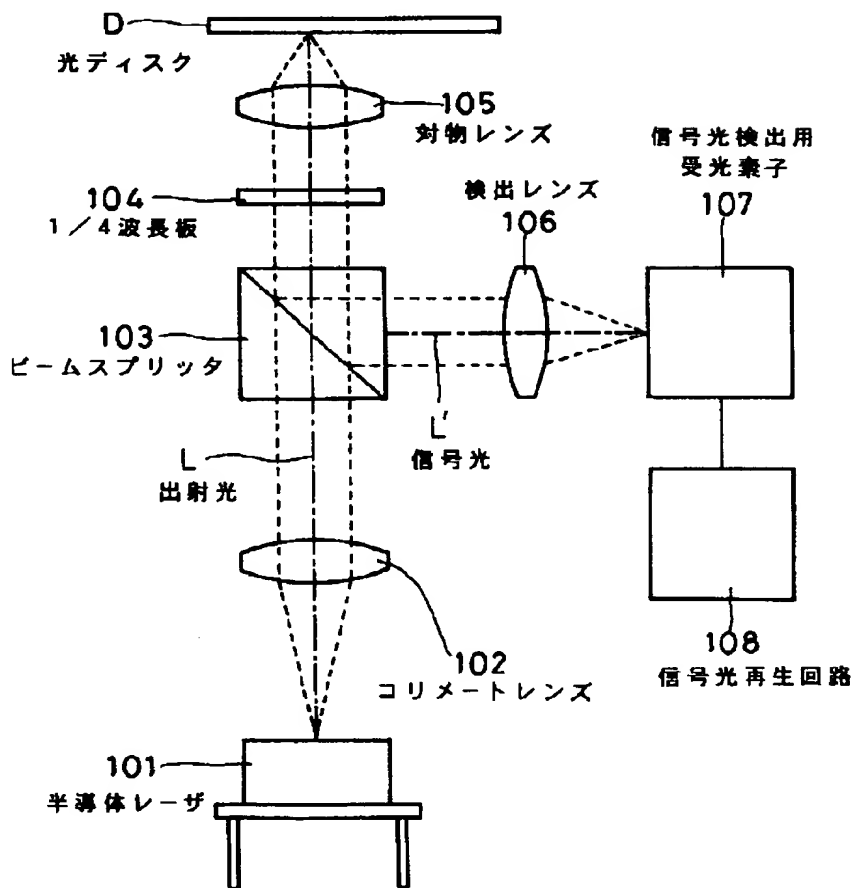
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 平田 照二  
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
ー株式会社内